

(11)Publication number : 09-115686  
(43)Date of publication of application : 02.05.1997

(51)Int.Cl. H05H 1/02  
G21B 1/00

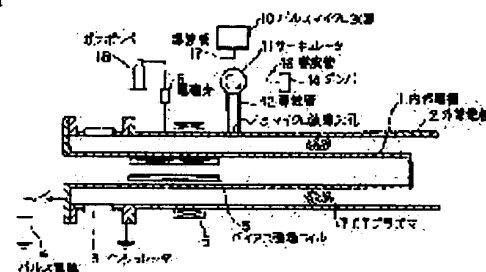
(21)Application number : 07-273821 (71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD  
(22)Date of filing : 23.10.1995 (72)Inventor : AZUMA KINGO  
ODA YASUTSUGU

# (54) PLASMA PRODUCTION ACCELERATOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma production accelerator in which lone plasma (CT) can be produced, and in which a magnetic surface can be strengthened to provide additional acceleration.

SOLUTION: In a plasma production accelerator comprising an inner and an outer electrodes 1, 2 which are coaxial to each other, etc., it is provided with a microwave introducing means comprising wave guides 12, 16, 17, a circulator 11, a damper 14, and a pulse microwave source 10, so a magnetic surface of CT plasma 7 is strengthened by introducing (irradiating with) microwaves of such a frequency as to resonate with a magnetic surface of the plasma 7 on the back of the plasma 7 by the microwave introducing means. Radiation of the microwaves is performed at a proper timing to plasma production acceleration.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed description]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Even if it applies especially this invention to the fusion-fuel incidence equipment applied to a nuclear fusion reactor about a plasma production accelerator, and it is useful and it applies it to a space propulsive engine, an X-ray generator, and nuclear-fusion plasma-control equipment, it is useful.

[0002]

[Prior art] Drawing 4 is explanatory drawing showing the conventional plasma production accelerator. As shown in this drawing, the electrode of a same axle-like couple is formed of the internal electrode 1 and the external electrode 2, among these the - external electrode 1 and 2 are insulated by the insulator 3. While the end side of the pulse power 4 is connected to the internal electrode 1, the other end [ of this pulse power 4 ] and external electrode 2 side is grounded. Moreover, the chemical cylinder 18 is connected in the middle of the longitudinal direction of the external electrode 2 through the solenoid valve 6, and the bias magnetic field coil 5 is \*\*\*\*ed while being in the longitudinal direction of inside and the external electrodes 1 and 2.

[0003] Therefore, in the above-mentioned conventional plasma production accelerator, between inside and the external electrode 1, and solenoid valve 6 is used, gas is momentarily supplied from a chemical cylinder 18, and the high voltage is simultaneously impressed to the internal electrode 1 by the pulse power 4. By this, dielectric breakdown of the gas is carried out, a plasma is generated, and a current is passed to this plasma. At this time, a magnetic field occurs in the orientation (the orientation of an azimuth) of theta by the current which flows to this electrode between inside and the external electrode 1, and 2, and a Lorentz force occurs in the orientation (Z direction) of a nose of cam of equipment by this magnetic field and the current of a plasma. For this reason, a plasma progresses to this Z direction.

[0004] A current is passed in the bias magnetic field coil 5 simultaneously with this, and a bias magnetic field is generated in the orientation (radial) of r ahead of a plasma. Thereby, in case a plasma crosses the aforementioned bias magnetic field, speed energy is transformed in the toroidal current of a plasma, and a poloidal magnetic field is formed. Moreover, in case a doughnut-like plasma (it is called a compact anchor ring (CT) and following CT plasma) is finally generated, it closes as a poloidal current and a toroidal magnetic field is also generated by the gun current (plasma current). Thereby, the CT plasma 7 holding the self-magnetic field by the self-current is generated. Moreover CT plasma 7 can be \*\*\*\*\*ed by passing a current following on this. In addition, drawing 5 is the perspective diagram showing the relation of the above-mentioned r orientation, the orientation of theta, and a Z direction.

[0005]

[Object of the Invention] However, in the plasma production accelerator concerning the above-mentioned conventional technique, when generating the CT plasma 7 in the type of the shape of perfect \*\*\*\*\*, generation of the magnetic field of the compact anchor ring may become imperfect by the relation between a bias magnetic field and an early plasma speed, and it may not become the isolated plasma (C) with the perfect self-magnetic field.

[0006] Moreover, though it becomes an isolated plasma (CT), a magnetic field may become it is weak and difficult [ \*\*\*\*\* ].

[0007] Therefore, this invention makes it a technical problem to offer the plasma production accelerator which can generate an isolated plasma (CT), and can strengthen the magnetic side in view of the above-mentioned conventional technique, and can carry out \*\*\*\*\*.

[0008]

[The means for solving a technical problem] The electrode of the couple with which the 1st invention which solves the above-mentioned technical problem was mutually insulated by the shape of same axle. In the plasma production accelerator equipped with the pulse power which impresses a voltage to these electrodes, the bias magnetic field coil which generates a bias magnetic field, and a gas supply means supply the gas which becomes the basis of a plasma to inter-electrode [ of the aforementioned couple ] It is characterized by having a microwave introduction means to introduce the microwave of the frequency which resonates with the magnetic field of the aforementioned plasma behind [ inter-electrode / aforementioned / plasma ] the aforementioned couple.

[0009] Moreover, the 2nd invention equips the aforementioned microwave introduction means with the source of microwave of a pulse drive in the 1st above-mentioned invention, and while the aforementioned pulse power is turned on and it is made to start, an oscillation of the microwave oscillator of this source of microwave. When the time when the aforementioned plasma peculiar to the equipment for which asked beforehand exists in equipment passes or it is characterized by constituting so that an oscillation of the aforementioned microwave oscillator may be stopped based on the detecting signal of the field indicator which \*\*\*\*ed so that it might detect that the aforementioned plasma crossed the position where the electrode of the aforementioned couple exists.

[0010] Therefore, according to the above 1st or the 2nd invention, the arbitrary magnetic fields of a plasma can be strengthened and it becomes easy to generate the isolated plasma by introducing back the microwave which resonates with the magnetic field with a plasma. Moreover, own plasma temperature of a plasma can also be improved.

[0011] Moreover, according to the 2nd above-mentioned invention, generation acceleration and timing of a plasma are measured and irradiation of microwave, i.e., oscillation start, and quenching are performed. For this reason, energy efficiency is high.

[0012]

[Gestalt of implementation of invention] Hereafter, the gestalt of enforcement of this invention is explained in detail based on a drawing. In addition, the explanation which gives the same sign to the same fraction as the former ( drawing 4 ), and overlaps is omitted.

[0013] Explanatory drawing showing the plasma production accelerator which drawing 1 requires for the example of this invention, the

drawing 2 to drawing 1, and drawing 3 are the posterior-part MAG side strengthening conceptual drawings after CT plasma production.

the plasma production accelerator shown in drawing 1.

[0014] As shown in drawing 1, the plasma production accelerator concerning this example is equipped with the source 10 of pulse microwave, the waveguides 12, 16, and 17, the circulator 11, and the damper 14 in the conventional plasma production accelerator show drawing 4 as a microwave introduction means for introducing behind a plasma the microwave of the frequency which sympathizes with the magnetic side of a plasma, in order to strengthen the magnetic field at the time of CT plasma production, and the posterior-part MAG side after CT plasma production.

[0015] namely, -- the longitudinal direction middle of the external electrode 2 -- a microwave introduction -- the hole 13 is formed and the end of a waveguide 12 is connected here. And the source 10 of pulse microwave is connected to the other end side of a waveguide 12 through the circulator 11 and the waveguide 17. Moreover, the damper 14 is connected to the circulator 11 through the waveguide 16. In addition, although the microwave introduction means is established immediately after the bias magnetic field coil 5 in drawing 1, you may prepare in front of the bias magnetic field coil 5.

[0016] the microwave introduction from the above-mentioned microwave introduction means -- the microwave introduced between inside and the external electrode 12 through a hole 13 is used in order to heat a plasma. Heating here uses the cyclotron-resonance phenomenon of the electron in a plasma. Cyclotron resonance is generated with the plasma all over a magnetic field, and the resonance frequency will be given by the following formula, if a magnetic field strength is set to B.

[0017]  $f = (eB/m) / 2\pi$  -- e is the amount of charges per electronic piece, and m is mass of electrons here

[0018] In case a bias magnetic field is crossed, a toroidal current flows inside CT plasma, and CT plasma forms a magnetic field in the poloidal orientation at the periphery section of CT plasma. The maximum of this magnetic field turns into a value almost equal to a bias magnetic field. Therefore, heating becomes possible by carrying out incidence of the microwave of the frequency which corresponds to a bias magnetic field. Since, as for the poloidal magnetic field of CT plasma circumference section, an outside becomes weak, the plasma on the magnetic field corresponding to the frequency can be alternatively heated by lowering a frequency.

[0019] Moreover, the circulator 11 is formed from the following grounds. That is, by this cyclotron resonance, although microwave is absorbed by the plasma by cyclotron resonance, in order that an electron may carry out a screw motion, a new electromagnetic wave occurs from here. At all, since this returns in a waveguide 12 as a reflected wave of incidence microwave, if there is nothing, this reflected wave will flow backwards to the microwave oscillator of the source 10 of pulse microwave as it is, and will become the cause of damaging this microwave oscillator.

[0020] Then, the circulator 11 is formed like the above. Although the microwave which entered from the port 1 will be outputted to a port 2, supposing three or more input/output port of microwave is a certain microwave element, for example, this circulator 11 usually has three ports, the microwave which entered from the port 2 is outputted to a port 3, and the microwave included in the port 3 is outputted to a port 1. Thus, if a microwave oscillator is connected to the port 1 of a circulator 11 and a load is connected to a port 2 in order that microwave may be outputted between ports, the reflected wave (reflected wave of the above-mentioned incidence microwave) from a load will be outputted to a port 3, and will stop returning to a port 1 directly. And if the damper 14 which absorbs microwave in a port 3 is connected, a reflected wave will be absorbed here and will stop returning to a microwave oscillator. Consequently, failure of the microwave oscillator by the reflected wave is avoidable. In addition, that with which a circulator 11 is the element well known for the microwave transmission, and the circulator 11 and the damper 14 were combined may be called isolator.

[0021] Moreover, energy efficiency becomes bad, in order to pass through between inside and the external electrode 1, and 2 and to escape out of equipment, when not producing a plasma, if microwave is irradiated by the continuous wave (introduction of a between [ inside and the external electrode 1 and 2 ]). Then, in this plasma production accelerator, the source 10 of microwave of a pulse drive was used like the above. The warm up of the microwave oscillator of this source 10 of pulse microwave itself is always carried out so that it can always oscillate. And since this pulse drive type of microwave oscillator can turn on / turn off an oscillation by controlling the voltage applied to oscillation section in the interior, while it turns on the pulse power 4 which generates a plasma, it adds a trigger signal to a microwave oscillator, and starts an oscillation.

[0022] Since the data of the time when CT plasma exists in equipment from the energy supplied on the other hand in order to accelerate distance and CT plasma which accelerate CT plasma can be taken as a value peculiar to equipment at the time of an equipment manufacture, an oscillation of microwave can be stopped if the signal of an oscillation end is sent to a microwave oscillator based on this data.

[0023] Moreover, the poloidal magnetic field of CT plasma can be detected by the magnetic probe and it can be realized by checking transit CT plasma and taking out the signal of quenching to stop in the place exceeding the position CT plasma has inside and whose external electrodes 1 and 2 in an oscillation of microwave.

[0024] Therefore, according to the plasma production accelerator concerning this example, till the place which generates a plasma and a bias magnetic field is made to cross, although it is the same as that of the conventional thing, the posterior-part MAG side after CT plasma production shown in the magnetic field and drawing 3 at the time of CT plasma production shown in drawing 2 can be strengthened by introducing further the microwave of the frequency which sympathizes with the magnetic field of a plasma behind a plasma.

[0025] Moreover, irradiation of microwave can be performed by measuring generation acceleration and timing of a plasma.

[0026] The following effects are acquired from the above thing.

[0027] \*\* By strengthening the arbitrary magnetic fields of a plasma (CT), the good CT plasma 7 of the isolated quality is generable.

\*\* It is possible not to depend on the parameter of equipment but to make the parameter of the CT plasma 7 into an elevated temperature more by microwave heating. That is, plasma temperature is independently controllable.

\*\* When irradiating microwave at the posterior part of the CT plasma after CT plasma production 7, while a hind magnetic field is strengthened, it is thought by supplying energy to the CT plasma 7 that there is an effect which raises a speed.

\*\* Energy efficiency can be raised by measuring generation acceleration and timing of a plasma and irradiating microwave.

[0028]

[Effect of the invention] According to this invention, the following effects are acquired as concretely explained with the gist of implementation of invention above.

\*\* By strengthening the arbitrary magnetic fields of a plasma (CT), good CT plasma of the isolated quality is generable.

\*\* It is possible not to depend on the parameter of equipment but to make the parameter of CT plasma into an elevated temperature more by microwave heating. That is, plasma temperature is independently controllable.

~~\*\* When irradiating microwave at the posterior part of CT plasma after CT plasma production, white light is also generated.~~  
~~it is thought by supplying energy to CT plasma that there is an effect which raises a speed.~~  
~~\*\* Energy efficiency can be raised by measuring generation acceleration and timing of a plasma and irradiating microwave.~~

---

[Translation done.]

CLIPPEDIMAGE= JP409115686A  
PAT-NO: JP409115686A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09115686 A  
TITLE: PLASMA PRODUCTION ACCELERATOR

PUBN-DATE: May 2, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
AZUMA, KINGO  
ODA, YASUTSUGU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MITSUBISHI HEAVY IND LTD	N/A

APPL-NO: JP07273821  
APPL-DATE: October 23, 1995

INT-CL\_(IPC): H05H001/02; G21B001/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma production accelerator in which lone plasma (CT) can be produced, and in which a magnetic surface can be strengthened to provide additional acceleration.

SOLUTION: In a plasma production accelerator comprising an inner and an outer electrodes 1, 2 which are coaxial to each other, etc., it is provided with a microwave introducing means comprising wave guides 12, 16, 17, a circulator 11, a damper 14, and a pulse microwave source 10, so a magnetic surface of CT plasma 7 is strengthened by introducing (irradiating with) microwaves of such a frequency as to resonate with a magnetic surface of the plasma 7 on the back of the plasma 7 by the microwave introducing means. Radiation of the microwaves is performed at a proper timing to plasma production acceleration.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-115686

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H	1/02		H 0 5 H 1/02	
G 2 1 B	1/00		G 2 1 B 1/00	X

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-273821

(22) 出願日 平成7年(1995)10月23日

(71) 出願人 000006208

三菱重工株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 東 欣吾

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 小田 泰嗣

兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号

三菱重工株式会社神戸造船所内

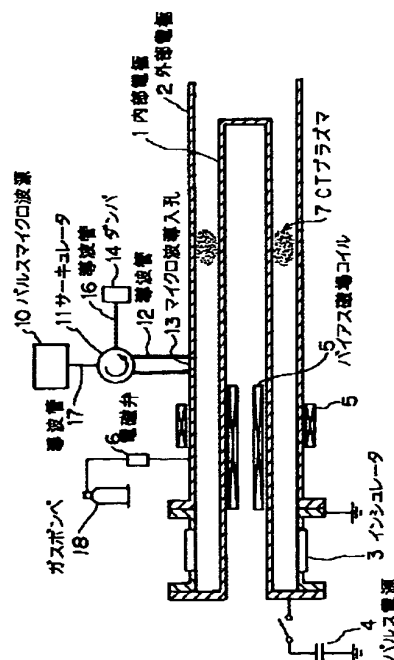
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ生成加速装置

(57) 【要約】

【課題】 孤立プラズマ (C T) を生成し且つ磁気面を強化して追加速することができるプラズマ生成加速装置を提供する。

【解決手段】 同軸状の内・外部電極1, 2等からなるプラズマ生成加速装置において、導波管12, 16, 17、サーキュレータ11、ダンパ14及びパルスマイクロ波源10を有してなるマイクロ波導入手段を備え、このマイクロ波導入手段によってプラズマの後方にプラズマの磁気面と共鳴する周波数のマイクロ波を導入 (照射) することにより、C Tプラズマ7の磁気面を強化する。また、このときのマイクロ波の照射はプラズマの生成加速とタイミングを計って行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同軸状で相互に絶縁された一対の電極と、これらの電極に電圧を印加するパルス電源と、バイアス磁場を生成するバイアス磁場コイルと、プラズマのもとになるガスを前記一対の電極間に供給するガス供給手段とを備えたプラズマ生成加速装置において、前記一対の電極間の前記プラズマ後方に前記プラズマの磁気面と共鳴する周波数のマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段を備えたことを特徴とするプラズマ生成加速装置。

【請求項2】 請求項1に記載するプラズマ生成加速装置において、前記マイクロ波導入手段にはパルス駆動のマイクロ波源を備え、このマイクロ波源のマイクロ波発振器の発振を前記パルス電源をオンすると同時に開始させると共に、予め求めた装置に固有の前記プラズマが装置内に存在している時間が経過したときに、又は前記プラズマが前記一対の電極の存在する位置を越えたことを検出するよう配設した磁気検出器の検出信号に基づいて前記マイクロ波発振器の発振を停止させるよう構成したことを特徴とするプラズマ生成加速装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラズマ生成加速装置に関し、特に核融合炉に適用される核融合燃料入射装置に適用して有用なものであり、また、宇宙推進装置、X線発生装置、及び核融合プラズマ制御装置に適用しても有用なものである。

## 【0002】

【従来の技術】図4は、従来のプラズマ生成加速装置を示す説明図である。同図に示すように、内部電極1と外部電極2とによって同軸状の一対の電極が形成されており、これらの内・外部電極1、2はインシュレータ3によって絶縁されている。内部電極1にはパルス電源4の一端側が接続されると共に、このパルス電源4の他端側及び外部電極2側はアースされている。また、外部電極2の長手方向の途中には電磁弁6を介してガスボンベ18が接続されており、内・外部電極1、2の長手方向の途中にはバイアス磁場コイル5が配設されている。

【0003】従って上記従来のプラズマ生成加速装置では、内・外部電極1、2間に電磁弁6を用いてガスボンベ18からガスを瞬間的に供給し、同時に内部電極1にパルス電源4により高電圧を印加する。これによってガスを絶縁破壊し、プラズマを生成し、このプラズマに電流を流す。このとき、内・外部電極1、2間には、この電極に流れる電流により $\theta$ 方向（方位角方向）に磁場が発生し、この磁場とプラズマの電流とにより装置の先端方向（Z方向）にローレンツ力が発生する。このためプラズマは、このZ方向に進む。

【0004】これと同時にバイアス磁場コイル5に電流

を流し、バイアス磁場をプラズマの前方にr方向（半径方向）に生成する。これにより、プラズマは前記バイアス磁場をクロスする際に速度エネルギーがプラズマのトロイダル電流に変換されポロイダル磁場が形成される。またガン電流（プラズマ電流）により、最終的にドーナツ状のプラズマ（コンパクトトラス（CT）、以下CTプラズマという）を生成する際に、ポロイダル電流としてクローズし、トロイダル磁場も生成される。これにより、自己電流による自己磁場を保持したCTプラズマ7が生成される。また、これに引き続き電流を流すことによりCTプラズマ7を追加速することができる。なお図5は上記r方向、 $\theta$ 方向、Z方向の関係を示す斜視図である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来技術に係るプラズマ生成加速装置では、CTプラズマ7を完全なドーナツ状の形に生成する場合、バイアス磁場と初期のプラズマ速度の関係によりコンパクトトラスの磁気面の生成が不完全になってしまい、完全な自己磁場を持った孤立プラズマ（CT）にならない場合がある。

【0006】また孤立プラズマ（CT）になったとしても、磁気面が弱く追加速が困難となる場合がある。

【0007】従って本発明は上記従来技術に鑑み、孤立プラズマ（CT）を生成し且つその磁気面を強化して追加速をすることができるプラズマ生成加速装置を提供することを課題とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する第1の発明は、同軸状で相互に絶縁された一対の電極と、これらの電極に電圧を印加するパルス電源と、バイアス磁場を生成するバイアス磁場コイルと、プラズマのもとになるガスを前記一対の電極間に供給するガス供給手段とを備えたプラズマ生成加速装置において、前記一対の電極間の前記プラズマ後方に前記プラズマの磁気面と共鳴する周波数のマイクロ波を導入するマイクロ波導入手段を備えたことを特徴とする。

【0009】また第2の発明は、上記第1の発明において、前記マイクロ波導入手段にはパルス駆動のマイクロ波源を備え、このマイクロ波源のマイクロ波発振器の発振を前記パルス電源をオンすると同時に開始させると共に、予め求めた装置に固有の前記プラズマが装置内に存在している時間が経過したときに、又は前記プラズマが前記一対の電極の存在する位置を越えたことを検出するよう配設した磁気検出器の検出信号に基づいて前記マイクロ波発振器の発振を停止させるよう構成したことを特徴とする。

【0010】従って上記第1又は第2の発明によれば、プラズマのある磁気面と共鳴するマイクロ波を後方に導入することにより、プラズマの任意の磁気面を強化する

ことができ、孤立したプラズマが生成しやすくなる。また、プラズマ自身のプラズマ温度を向上することもできる。

【0011】また上記第2の発明によれば、プラズマの生成加速とタイミングを計ってマイクロ波の照射、即ち発振開始及び発振停止を行う。このためエネルギー効率が低い。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基き詳細に説明する。なお従来(図4)と同様の部分には同一の符号を付し重複する説明は省略する。

【0013】図1は本発明の実施例に係るプラズマ生成加速装置を示す説明図、図2は図1に示すプラズマ生成加速装置によるCTプラズマ生成時の磁気面強化概念図、図3は図1に示すプラズマ生成加速装置によるCTプラズマ生成後の後部磁気面強化概念図である。

【0014】図1に示すように、本実施例に係るプラズマ生成加速装置は、図4に示す従来のプラズマ生成加速装置において、CTプラズマ生成時の磁気面及びCTプラズマ生成後の後部磁気面を強化するために、プラズマの磁気面に共鳴する周波数のマイクロ波をプラズマの後方に導入するためのマイクロ波導入手段として、パルスマイクロ波源10、導波管12、16、17、サーキュレータ11、及びダンパ14を備えたものである。

【0015】即ち、外部電極2の長手方向途中にはマイクロ波導入孔13が形成されており、ここに導波管12の一端が接続されている。そして、導波管12の他端側にはサーキュレータ11及び導波管17を介してパルスマイクロ波源10が接続されている。また、サーキュレータ11には導波管16を介してダンパ14が接続されている。なお、図1ではバイアス磁場コイル5の直後にマイクロ波導入手段を設けているが、バイアス磁場コイル5の手前に設けてもよい。

【0016】上記のマイクロ波導入手段からマイクロ波導入孔13を介して内・外部電極12間に導入されるマイクロ波は、プラズマを加熱するために用いられる。ここでの加熱はプラズマ中の電子のサイクロトロン共鳴現象を利用する。サイクロトロン共鳴は磁場中にあるプラズマで発生し、その共鳴周波数は、磁場の強さをBとすると、次式で与えられる。

$$f = (eB/m) / 2\pi$$

ここでeは電子一個当たりの電荷量、mは電子の質量である。

【0018】CTプラズマはバイアス磁場を横切る際にCTプラズマの内部にトロイダル電流が流れ、CTプラズマの外周部にポロイダル方向に磁場を形成する。この磁場の最大値はバイアス磁場とほぼ等しい値になる。したがってバイアス磁場に対して相当する周波数のマイクロ波を入射することで加熱が可能となる。CTプラズマ周辺部のポロイダル磁場は外側ほど弱くなるので、周波

数を下げることによりその周波数に対応した磁気面上のプラズマを選択的に加熱することができる。

【0019】また、サーキュレータ11は次のような理由から設けられている。即ち、マイクロ波はサイクロトロン共鳴によりプラズマに吸収されるが、このサイクロトロン共鳴では電子が螺旋運動をするため、ここから新たな電磁波が発生する。これが入射マイクロ波の反射波として導波管12内に戻ってくるため、何ものなければ、この反射波がそのままパルスマイクロ波源10のマイクロ波発振器へと逆流してしまい、このマイクロ波発振器を故障させる原因となる。

【0020】そこで上記の如くサーキュレータ11が設けられている。このサーキュレータ11は、通常、マイクロ波の入出力ポートが3つ以上あるマイクロ波素子であり、例えばポートが3つあるとすると、ポート1から入ったマイクロ波はポート2へ出力されるが、ポート2から入ったマイクロ波はポート3に出力され、ポート3に入ったマイクロ波はポート1に出力される。このようにマイクロ波がポート間を巡回するため、サーキュレータ11のポート1にマイクロ波発振器を接続し、ポート2に負荷を接続すると、負荷からの反射波(上記の入射マイクロ波の反射波)はポート3に出力され、ポート1へは直接戻らなくなる。そしてポート3にマイクロ波を吸収してしまうダンパ14を接続しておく、反射波はここで吸収されてしまい、マイクロ波発振器に戻らなくなる。その結果、反射波によるマイクロ波発振器の故障を回避することができる。なお、サーキュレータ11はマイクロ波伝送ではよく知られた素子であり、また、サーキュレータ11とダンパ14とが組み合わされたものはアイソレータと呼ばれることもある。

【0021】また、マイクロ波の照射(内・外部電極1、2間への導入)を連続波で行うとプラズマを生じないときには内・外部電極1、2間を通過して装置の外へ逃げてしまうため、エネルギー効率が悪くなる。そこで本プラズマ生成加速装置では、上記の如くパルス駆動のマイクロ波源10を用いた。このパルスマイクロ波源10のマイクロ波発振器自体はいつでも発振できるように常時ウォームアップしておく。そして、このパルス駆動タイプのマイクロ波発振器は内部にある発振部に加わる電圧を制御することで発振をオン/オフすることができるので、プラズマを生成するパルス電源4をオンすると同時にマイクロ波発振器にトリガ信号を加えて発振を開始する。

【0022】一方、CTプラズマを加速する距離とCTプラズマを加速するために投入するエネルギーとからCTプラズマが装置内に存在している時間のデータを装置に固有な値として装置製作時に取っておくことができるので、このデータに基づいて発振終了の信号をマイクロ波発振器に送れば、マイクロ波の発振を停止させることができる。



5

【0023】また、マイクロ波の発振をCTプラズマが内・外部電極1、2のある位置を越えたところで停止させたい場合には、磁気プローブでCTプラズマのポロイダル磁場を検出し、CTプラズマの通過を確認して発振停止の信号を出すことにより実現することができる。

【0024】従って本実施例に係るプラズマ生成加速装置によれば、プラズマを生成しバイアス磁場をクロスさせるところまでは従来のものと同様であるが、更に、プラズマの磁気面に共鳴する周波数のマイクロ波をプラズマの後方に導入することにより、図2に示すCTプラズマ生成時の磁気面及び図3に示すCTプラズマ生成後の後部磁気面を強化することができる。

【0025】またマイクロ波の照射は、プラズマの生成加速とタイミングを計って行うことができる。

【0026】以上のことから、以下のような効果が得られる。

【0027】①プラズマ（CT）の任意の磁気面を強化することによって、孤立した質の良いCTプラズマ7を生成することができる。

②CTプラズマ7のパラメータを装置のパラメータに依らず、マイクロ波加熱によって、より高温にすることが可能である。即ち、プラズマ温度を独立に制御することができる。

③CTプラズマ生成後CTプラズマ7の後部にマイクロ波を照射する場合、後部の磁気面を強化すると共にCTプラズマ7にエネルギーを供給することにより速度を向上させる効果もあると思われる。

④プラズマの生成加速とタイミングを計ってマイクロ波を照射することにより、エネルギー効率を高めることができる。

【0028】

【発明の効果】以上発明の実施の形態と共に具体的に説明したように本発明によれば、以下の効果が得られる。

①プラズマ（CT）の任意の磁気面を強化することによって、孤立した質の良いCTプラズマを生成することができる。

②CTプラズマのパラメータを装置のパラメータに依ら

6

ず、マイクロ波加熱によって、より高温にすることが可能である。即ち、プラズマ温度を独立に制御することができる。

③CTプラズマ生成後CTプラズマの後部にマイクロ波を照射する場合、後部の磁気面を強化すると共にCTプラズマにエネルギーを供給することにより速度を向上させる効果もあると思われる。

④プラズマの生成加速とタイミングを計ってマイクロ波を照射することにより、エネルギー効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係るプラズマ生成加速装置を示す説明図である。

【図2】図1に示すプラズマ生成加速装置によるCTプラズマ生成時の磁気面強化概念図である。

【図3】図1に示すプラズマ生成加速装置によるCTプラズマ生成後の後部磁気面強化概念図である。

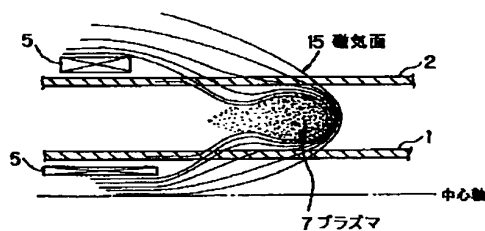
【図4】従来のプラズマ生成加速装置を示す説明図である。

【図5】r方向、 $\theta$ 方向、Z方向の関係を示す斜視図である。

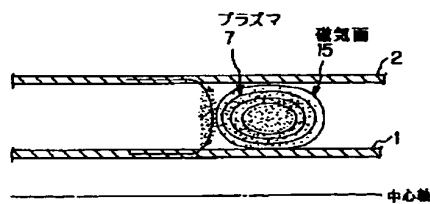
【符号の説明】

- 1 内部電極
- 2 外部電極
- 3 インシュレータ
- 4 パルス電源
- 5 バイアス磁場コイル
- 6 電磁弁
- 7 CTプラズマ
- 10 パルスマイクロ波源
- 11 サーキュレータ
- 12, 16, 17 導波管
- 13 マイクロ波導入孔
- 14 ダンパ
- 15 磁気面
- 18 ガスポンペ

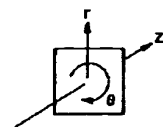
【図2】



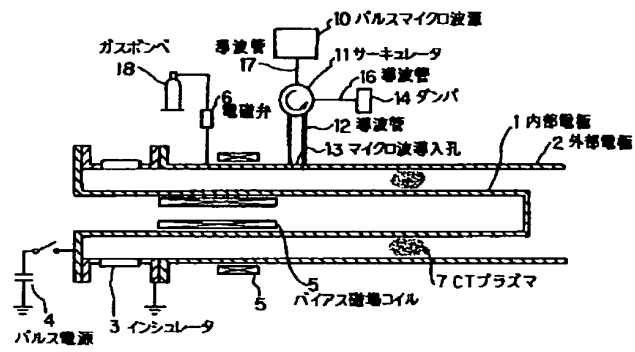
【図3】



【図5】



【図1】



【図4】

